

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09275004  
PUBLICATION DATE : 21-10-97

APPLICATION DATE : 19-06-96  
APPLICATION NUMBER : 08158621

APPLICANT : DAIDO STEEL CO LTD;

INVENTOR : NISHIO TAKAYUKI;

INT.CL. : H01F 1/053 C22C 33/02 C22C 38/00 H01F 41/02

TITLE : PERMANENT MAGNET AND ITS MANUFACTURE

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnet which endures high-speed rotation and does not break, by molding a formation of a specific ratio of magnetic alloy powder having Nd<sub>2</sub>-Fe<sub>14</sub>B phase as a magnetic phase practically to the powder of more than one kind of metal selected from Ni, Co, Mn, etc., into a magnet shape and magnetizing it.

SOLUTION: A ribbon is obtained by the very-rapid molten metal quenching of an R-Fe-B or R-Fe-B-Co alloy (R is a rare-earth element containing Y), and this is ground to obtain magnet alloy powder having Nd<sub>2</sub>-Fe<sub>14</sub>B phase as a magnetic phase. 99.5-50.0wt.% of this magnet alloy powder, and 0.5-50.0wt.% of powder of more than one kind of added metal selected from Ni, Co, Mn, Zn, Cu, Al, Nb, W, Cr, In, Ga, Mo, V, Ti and Bi are mixed. This powder mixed substance is molded into a molding, and a raw magnet material in the shape of a magnet is manufactured by working the molding mechanically. And a permanent magnet is manufactured by magnetizing the raw magnet material as desired.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-275004

(43)公開日 平成9年(1997)10月21日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 F 1/053			H 01 F 1/04	H
C 22 C 33/02			C 22 C 33/02	J
38/00	3 0 3		38/00	3 0 3 D
H 01 F 41/02			H 01 F 41/02	G

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 6 頁)

(21)出願番号	特願平8-158621	(71)出願人	000003713 大同特殊鋼株式会社 愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号
(22)出願日	平成8年(1996)6月19日	(72)発明者	入山 恭彦 愛知県東海市加木屋町南鹿持18番地
(31)優先権主張番号	特願平7-172098	(72)発明者	小山 恵史 愛知県東海市加木屋町南鹿持18番地
(32)優先日	平7(1995)7月7日	(72)発明者	西尾 孝幸 愛知県春日井市高座台五丁目2番地ノ1
(33)優先権主張国	日本 (JP)	(74)代理人	弁理士 須賀 総夫
(31)優先権主張番号	特願平8-22893		
(32)優先日	平8(1996)2月8日		
(33)優先権主張国	日本 (JP)		

## (54)【発明の名称】 永久磁石とその製造方法

## (57)【要約】

【課題】 ネオジ一鉄一ボロン系焼結磁石の弱点である機械的強度の低さを、磁気特性を著しく損なわずに改善し、成形体の機械加工を容易にする。

【解決手段】  $Nd_2Fe_{14}B$ 相を磁性相とする磁石合金粉末に、Ni, Co, Mn, Zn, Cu, Al, Nb, W, Cr, In, Ga, Mo, V, TiおよびBiからえらんだ添加金属の1種または2種以上の粉末を、添加金属が0.5～50.0重量%を占めるように混合し、ホットプレスとそれに続く塑性加工より成形体を得る。添加金属に代えて、Nd-Fe, Nd-Si, Nd-Mn, Nd-In, Nd-Ga, Nd-Al, Nd-Sn, Ce-Fe, Pr-FeおよびNd-Pr-Siからえらんだ添加合金の1種または2種以上の粉末を、0.1～10.0重量%を占めるように混合してもよいし、ホウ珪酸ガラスのようなガラス質材料の粉末を、0.3～15.0重量%を占めるように混合してもよい。

## 【特許請求の範囲】

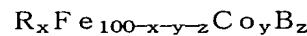
【請求項1】 実質的にNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相を磁性相とする磁石合金粉末99.5～50.0重量%と、Ni, Co, Mn, Zn, Cu, Al, Nb, W, Cr, In, Ga, Mo, V, TiおよびBiからえらんだ1種または2種以上の金属の粉末0.5～50.0重量%との組成物を磁石形状に成形し、着磁してなる永久磁石。

【請求項2】 実質的にNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相を磁性相とする磁石合金粉末99.5～90.0重量%と、稀土類元素を含む合金であって融点が850°C以下の合金の粉末0.5～10.0重量%との組成物を磁石形状に成形し、着磁してなる永久磁石。

【請求項3】 稀土類元素を含む合金であって融点が850°C以下の合金として、Nd-Fe, Nd-Si, Nd-Mn, Nd-In, Nd-Ga, Nd-Al, Nd-Sn, Ce-Fe, Pr-FeおよびNd-Pr-Siからえらんだ1種または2種以上の合金を使用した請求項2の永久磁石。

【請求項4】 実質的にNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相を磁性相とする磁石合金粉末99.7～85.0重量%と、ガラス質材料の粉末0.3～15.0重量%との組成物を磁石形状に成形し、着磁してなる永久磁石。

【請求項5】 磁石合金が、下式であらわされる合金組成



〔ただし、RはYを含む稀土類元素、x=6～14, y=0～10, z=5～7〕をもつ請求項1, 2または4のいずれかの永久磁石。

【請求項6】 請求項5の永久磁石において、磁石合金をあらわす式のR<sub>x</sub>=(Nd<sub>v</sub>R'<sub>w</sub>)<sub>x</sub>〔R'はNd以外の稀土類元素、v+w=1〕であって、v=0.7～1.0, w=0～0.3である永久磁石。

【請求項7】 磁石形状がリング状であり、ラジアル方向に磁気異方性を有し、かつその方向に多極着磁してある請求項1ないし6のいずれかの永久磁石。

【請求項8】 下記の諸工程からなる永久磁石の製造方法：

(a) R-Fe-BまたはR-Fe-B-Co合金〔RはYを含む稀土類元素〕の溶湯超急冷法によりリボンを得、粉碎してNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相を磁性相とする磁石合金粉末を得ること、(b) 磁石合金粉末99.5～50.0重量%と、Ni, Co, Mn, Zn, Cu, Al, Nb, W, Cr, In, Ga, Mo, V, TiおよびBiからえらんだ1種または2種以上の補強金属の粉末0.5～50.0重量%とを混合すること、(c) 粉末混合物を室温で加圧してグリーン成形体とすること、(d) グリーン成形体を加熱下に加圧して高密度プレス品とすること、(e) 高密度プレス品を塑性加工して成形体とすること、(f) 成形体を機械加工して磁石形状をもった磁石素材を製作すること、および(g) 磁石素材に所望の着磁を行なって永久磁石とすること。

着磁を行なって永久磁石とすること。

【請求項9】 下記の諸工程からなる永久磁石の製造方法：

(a) R-Fe-BまたはR-Fe-B-Co合金〔RはYを含む稀土類元素〕の溶湯超急冷法によりリボンを得、粉碎してNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相を磁性相とする磁石合金粉末を得ること、(b') 磁石合金粉末99.9～90.0重量%と、Nd-Fe, Nd-Si, Nd-Mn, Nd-In, Nd-Ga, Nd-Al, Nd-Sn, Ce-Fe, Pr-FeおよびNd-Pr-Siからえらんだ1種または2種以上の添加合金の粉末0.1～10.0重量%とを混合すること、(c) 粉末混合物を室温で加圧してグリーン成形体とすること、(d) グリーン成形体を加熱下に加圧して高密度プレス品とすること、(e) 高密度プレス品を塑性加工して成形体とすること、(f) 成形体を機械加工して磁石形状をもった磁石素材を製作すること、および(g) 磁石素材に所望の着磁を行なって永久磁石とすること。

【請求項10】 下記の諸工程からなる永久磁石の製造方法：

(a) R-Fe-BまたはR-Fe-B-Co合金〔RはYを含む稀土類元素〕の溶湯超急冷法によりリボンを得、粉碎してNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相を磁性相とする磁石合金粉末を得ること、(b'') 磁石合金粉末99.7～85.0重量%と、ガラス質の材料の粉末0.3～15.0重量%とを混合すること、(c) 粉末混合物を室温で加圧してグリーン成形体とすること、(d) グリーン成形体を加熱下に加圧して高密度プレス品とすること、(e) 高密度プレス品を塑性加工して成形体とすること、(f) 成形体を機械加工して磁石形状をもった磁石素材を製作すること、および(g) 磁石素材に所望の着磁を行なって永久磁石とすること。

【請求項11】 塑性加工が後方押出しあり前方押出しあり、チューブ状のラジアル方向に磁気異方性を示す成形体を得る工程である請求項8ないし10のいずれかの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ネオジム-鉄-ボロン系の永久磁石の改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相を磁性相とするネオジム-鉄-ボロン系磁石は高い磁石性能を示すため、FA用やOA用の機器を構成するモータの部品として好んで使用されている。そのような磁石の一例として、磁石合金の溶湯を急冷して得たりボンを粉碎して磁石合金粉末とし、この粉末をホットプレスおよびそれに続く熱間の塑性加工により成形体とし、成形体を機械加工して磁石形状をもった素材を得、この素材に所望の着磁を行なって永久磁石とする工程に従って製造されるものがある。

上記の塑性加工により磁気異方性をもった成形体が得られ、その着磁により高性能の磁石が製造できる。

【0003】ところが、ネオジム鉄-ボロン系の熱間成形を行なって製品とする磁石の主相は金属間化合物であるため、脆いという欠点がある。このため、機械加工に当ってチッピングが生じて製品の角が欠け落ちることがある。こうした磁石を高速回転用のモータに使用するためには、強度を一層向上させることが望まれる。とくに、この種磁石の将来の大きな用途と目される電気自動車用モータ部品としては、比較的大型のモータが高速で回転することが予想されるので、回転中に割れることのないよう信頼性を高める上でも、より高強度の材料とすることが望ましい。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、ネオジム鉄-ボロン系の熱間成形による異方性磁石に伴っている上記の問題を解決し、機械加工に当ってチッピングなどがほとんど生じなくなり、かつ高速回転に耐えて破壊しない永久磁石を提供すること、およびその製造方法を提供することにある。

#### 【0005】

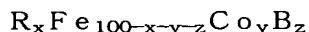
【課題を解決するための手段】本発明の永久磁石のひとつの態様は、実質的にNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相を磁性相とする磁石合金粉末99.5～50.0重量%と、Ni, Co, Mn, Zn, Cu, Al, Nb, W, Cr, In, Ga, Mo, V, TiおよびBiからえらんだ1種または2種以上の金属の粉末0.5～50.0重量%との組成物を磁石形状に成形し、着磁してなるものである。

【0006】本発明の永久磁石の別の態様は、実質的にNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相を磁性相とする磁石合金粉末99.9～90.0重量%と、稀土類元素を含む合金であって融点が850℃以下の合金の粉末0.1～10.0重量%との組成物を磁石形状に成形し、着磁してなるものである。

【0007】稀土類元素を含む合金であって融点が850℃以下の合金としては、Nd-Fe, Nd-Si, Nd-Mn, Nd-In, Nd-Ga, Nd-Al, Nd-Sn, Ce-Fe, Pr-FeおよびNd-Pr-Siなどがあり、これらからえらんだ1種または2種以上を使用する。これらの合金のうちNd合金は、Nd<sub>m</sub>M<sub>n</sub>(Mは上記の金属Fe～Sn)において、m:n=95:5～60:40、より好ましくはm:n=92:8～70:30の合金組成のものが適切である。

【0008】本発明の永久磁石のさらに別の態様は、実質的にNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相を磁性相とする磁石合金粉末99.5～90.0重量%と、ガラス質材料、たとえばホウ珪酸ガラスの粉末0.3～15.0重量%との組成物を磁石形状に成形し、着磁してなるものである。

【0009】上記いずれの態様においても、本発明で使用するに適した磁石合金は、下式であらわされる合金組



【ただし、RはYを含む稀土類元素からえらんだ1種または2種以上の金属、x=6～14, y=0～10, z=5～7】をもつものである。Rの代表はいうまでもなくNdであるが、Ndに他の稀土類元素を混合使用することもでき、その場合は、R<sub>x</sub>=(Nd<sub>v</sub>R'<sub>w</sub>)<sub>x</sub>(R'はNd以外の稀土類元素、v+w=1)において、v=0.7～1.0, w=0～0.3が適当である。

【0010】本発明を具現した代表的な磁石形状はリング状であり、とくにラジアル方向に磁気異方性を有し、かつその多極着磁してある永久磁石が有用である。

【0011】上記した第一の態様の永久磁石の製造方法は、下記の諸工程からなる：

(a) R-Fe-BまたはR-Fe-B-Co合金の溶湯超急冷法によりリボンを得、粉碎してNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相を磁性相とする磁石合金粉末を得ること、(b) 磁石合金粉末99.5～50.0重量%と、Ni, Co, Mn, Zn, Cu, Al, Nb, W, Cr, In, Ga, Mo, V, TiおよびBiからえらんだ1種または2種以上の添加金属の粉末0.5～50.0重量%とを混合すること、(c) 粉末混合物を室温で加圧してグリーン成形体とすること、(d) グリーン成形体を加熱下に加圧して高密度プレス品とすること、(e) 高密度プレス品を塑性加工して成形体とすること、(f) 成形体を機械加工して磁石形状をもった磁石素材を製作すること、および(g) 磁石素材に所望の着磁を行なって永久磁石とすること。

【0012】第二の態様の永久磁石の製造方法は、第一の態様の永久磁石の製造方法(a)～(e)において、(b)工程を下記の(b')工程に置き換えること以外は同様である。

【0013】(b') 合金粉末99.9～90.0重量%と、稀土類元素を含む合金であって融点が850℃以下の合金、具体例としてはNd-Fe, Nd-Si, Nd-Mn, Nd-In, Nd-Ga, Nd-Al, Nd-Sn, Ce-Fe, Pr-FeおよびNd-Pr-Siからえらんだ1種または2種以上の添加合金の粉末0.1～10.0重量%とを混合すること。

【0014】第三の態様の永久磁石の製造方法は、第二の態様と同様に、第一の態様の永久磁石の製造方法(a)～(e)において、(b)工程を下記の(b'')工程に置き換えること以外は同様である。

【0015】(b'') 合金粉末99.7～85.0重量%と、ガラス質の材料、とくにホウ珪酸ガラスのように低融点のものの粉末0.3～15.0重量%とを混合すること。

【0016】上記した(d)工程の塑性加工は、後方押し出しまたは前方押し出しが有用であって、後方押し出しが

は前方押出しを行なってチューブ状の成形体を製造すれば、磁石合金材料にかかる応力と同じ方向に、つまりラジアル方向に磁気異方性が生じるから、ラジアル方向の着磁とくに多極着磁を行なって、モータ部品を得ることができる。

#### 【0017】

【作用】磁石合金粉末と混合された添加金属、添加合金またはガラス質材料の粉末は、ホットプレスの条件（代表的には、Arガス雰囲気、800°C前後、圧力0.5～2トン/cm<sup>2</sup>）および塑性加工の条件（雰囲気および温度はホットプレスのそれらと同様）の下では容易に塑性変形を起し、比較的硬い磁石合金粉末の間にあって潤滑剤的なはたらきをして流動化を容易にし、磁石合金粉末の配向を助ける。塑性変形後、常温に冷却された成形体においては、添加金属、添加合金またはガラス質材料の粉末が一種のバインダーのように作用して磁石合金粉末どうしの結合を強め、その結果、機械的に高い強度をもった成形体が得られ、加工時のチッピングおよび使用時の破壊を防ぐ。

【0018】このような補強効果は、磁石合金粉末に、添加金属の粉末を重量で0.5%以上、添加合金の粉末は0.1%以上、またガラス質材料の粉末は0.3%以上添加すれば認められる。もちろん添加量を増すほど効果も高まるが、補強材であるバインダーの粉末はそれ自体では磁石の性能に寄与しないので、添加量の増大につれて磁気性能は低下する。従ってその添加量は、補強効果と希望する磁気性能とのバランスにおいて決定すべきことになる。通常、添加金属の場合は3～20重量%、とくに5～10重量%の添加で、添加合金の場合

は0.1～10重量%、とくに1～5重量%の添加で、またガラス質材料の場合は0.3～1.5重量%、とくに1～5重量%の添加で、それぞれバランスのよい結果が得られるであろう。

#### 【0019】

【実施例1】高周波誘導炉で、Nd<sub>13.6</sub>Fe<sub>77.6</sub>Co<sub>2.8</sub>B<sub>6.0</sub>の組成の合金を溶製し、片ロール（周速2.2m/sec）上で超急冷し、得られたリボンを粉碎してフライ分け、粒径300μm以下の粉末を集めた。

10 【0020】一方、添加金属Ni、Co、Mn、Zn、Cu、AlおよびNbの、平均粒径約10μmの粉末を用意した。

【0021】磁石合金粉末と補強金属粉末とを表1に示した種々の割合で混合し、Arガス雰囲気下、800°C、圧力1トン/cm<sup>2</sup>、加圧30秒間のホットプレスを行ない、続いて、同じArガス雰囲気下、800°Cにおいて30秒間の後方押出しを行なって、外径3.2mm×内径2.6mm×長さ3.0mmの有底円筒状の熱間成形体を得た。

20 【0022】この有底円筒状の成形体を旋盤で加工し、高さ2.0mmのリング状体である磁石素材を製作した。加工にあたり、チッピングの有無を記録した。得られた各リング状体の磁気特性を測定して、最大エネルギー積[BH]<sub>max</sub>を算出した。その後、リングを横にして2枚の平らな板の間に挟み、力を加えて押しつぶして、破壊したときの応力を圧環強度として測定した。結果を、表1にまとめて記す。比較のため、添加金属を添加しなかった場合のデータもあわせ示す。

#### 【0023】

No.	補強金属 の種類	添加量 重量%	チッピング の程度	表1	
				圧環強度 kgf/mm <sup>2</sup>	[BH] <sub>max</sub> MGOe
1	Mn	0.5	わずかあり	11.3	32.5
2	Mn	1.0	わずかあり	12.3	32.3
3	Mn	5.0	ごくわずか	14.2	29.6
4	Mn	10	ほとんどなし	14.9	25.8
5	Mn	20	ほとんどなし	15.1	19.6
6	Mn	30	ほとんどなし	15.5	15.5
7	Mn	50	ほとんどなし	16.8	8.3
8	Ni	1.0	わずかあり	12.9	31.5
9	Co	1.0	ごくわずか	12.6	31.9
10	Co	3.0	ほとんどなし	13.7	30.2
11	Zn	2.0	ほとんどなし	14.3	30.8
12	Cu	2.0	ごくわずか	12.8	30.5
13	Al	1.0	ほとんどなし	11.9	29.8
14	Nb	0.5	ごくわずか	11.6	32.2
15	Mn+Cu	0.5+1.0	ほとんどなし	13.2	30.8
16	Mn+Zn	1.0+0.5	ほとんどなし	13.7	31.3
比較例	—	—	かなりある	10.2	32.0

#### 【0024】

50 【実施例2】添加金属W、Cr、In、Ga、Mo、

V, Ti および Bi の、平均粒径約  $10 \mu\text{m}$  の粉末を用意した。

【0025】実施例1と同じ磁石合金粉末と上記の添加金属粉末とを表2に示した種々の割合で混合し、実施例1と同じ条件でホットプレスおよび後方押出しを行なつて、同じく外径32mm×内径26mm×長さ30mmの有底

円筒状の熱間成形体を得た。

【0026】この有底円筒状の成形体を旋盤で加工し、高さ20mmのリング状体とした。その磁気特性を測定し、その後、圧環強度を測定した。結果を、表2にまとめて記す。

【0027】

表 2

No.	添加金属の種類	添加量重量%	圧環強度kgf/mm <sup>2</sup>	[BH] <sub>max</sub> MGOe
21	W	1.0	12.3	34.8
22	Cr	3.0	13.2	31.7
23	In	5.0	11.7	30.9
24	Ga	5.0	11.9	30.6
25	Mo	5.0	14.1	31.3
26	Mo	50.0	18.9	7.6
27	V	5.0	14.2	32.0
28	Ti	0.5	11.4	33.5
29	Ti	5.0	15.6	27.4
30	Ti	10.0	18.9	22.6
31	Bi	5.0	10.9	27.6
32	In+Ti	5.0+5.0	16.3	25.4
33	Mo+Ti	5.0+5.0	17.5	24.8

【0028】

【実施例3】添加合金として表3に示す組成(原子比)のNd-Fe, Nd-Si, Nd-Mn, Nd-In, Nd-Ga, Nd-AlおよびNd-Sn合金を高周波誘導炉で溶製し、やはり片ロール(周速2.2m/sec)上で超急冷して得られたリボンを粉碎してフライ分け、粒径50μm以下の粉末を集めた。

【0029】実施例1と同じ磁石合金粉末と上記の添加合金粉末とを表3に示した種々の割合で混合し、室温で

プレスして予備成形体としたのちArガス雰囲気下、同じく800°C、圧力1トン/cm<sup>2</sup>、加圧30秒間のホットプレスを行ない、続いて、同じ雰囲気および温度で後方押出しを行なつて、やはり外径32mm×内径26mm×長さ30mmの有底円筒状の熱間成形体を得た。

【0030】この有底円筒状の成形体をリング状に加工し、磁気特性および圧環強度を測定した。結果を、表3にまとめて記す。

【0031】

表 3

No.	添加合金の種類	添加量重量%	圧環強度kgf/mm <sup>2</sup>	[BH] <sub>max</sub> MGOe
41	Nd <sub>79</sub> Fe <sub>21</sub>	0.1	10.6	34.5
42	Nd <sub>79</sub> Fe <sub>21</sub>	1.0	12.2	33.7
43	Nd <sub>79</sub> Fe <sub>21</sub>	10.0	19.7	17.4
44	Nd <sub>85</sub> Si <sub>15</sub>	0.5	11.2	30.6
45	Nd <sub>85</sub> Si <sub>15</sub>	1.0	13.1	35.2
46	Nd <sub>85</sub> Si <sub>15</sub>	5.0	16.8	27.2
47	Nd <sub>72</sub> Mn <sub>28</sub>	1.0	13.7	31.3
48	Nd <sub>83</sub> In <sub>17</sub>	2.5	14.5	30.1
49	Nd <sub>80</sub> Ga <sub>20</sub>	2.0	14.6	31.5
50	Nd <sub>82</sub> Al <sub>18</sub>	1.0	12.4	30.5
51	Nd <sub>88</sub> Sn <sub>12</sub>	1.0	11.9	29.8

【0032】

【実施例4】高周波誘導炉で、Nd<sub>13.6</sub>Fe<sub>77.6</sub>Co<sub>2.8</sub>B<sub>6.0</sub>の組成の合金を溶製し、片ロール(周速2.2m/sec)上で超急冷し、得られたリボンを粉碎してフライ分け、粒径300μm以下の粉末を集めた。

【0033】一方で、Pr<sub>75</sub>Fe<sub>25</sub>, Ce<sub>77</sub>Fe<sub>23</sub>, Nd<sub>65</sub>Pr<sub>20</sub>Si<sub>15</sub>の合金組成(原子%)を有する合金を高周波誘導炉で溶解し、やはり片ロール型の超急冷装置(周速1.6m/sec)上で超急冷してリボンとし、粉碎およびフライ分けにより粒径約50μm以下の粉末を用意し

た。

【0034】磁石合金粉末と補強合金粉末とを表4に示した種々の割合で混合し、室温でプレスして予備成形体としたのち、Arガス雰囲気下、800°C、圧力1トン/cm<sup>2</sup>でホットプレスを行ない、続いて、同じArガス雰囲気下、同じ温度で後方押出しを行なって、外径3.2mm×内径2.6mm×長さ30mmの有底円筒状の熱間成形体を得た。

【0035】この成形体からリング状の磁石素材を製作した。磁気特性を測定して最大エネルギー積[BH]<sub>max</sub>を算出し、圧環強度を測定した。結果を、表4にまとめて記す。比較のため、バインダー合金を添加しなかった場合のデータもあわせ示す。

#### 【0036】

表 4

No.	添加合金 の組成	添加量 重量%	圧環強度	[BH] <sub>max</sub>
			kgf/mm <sup>2</sup>	MGOe
6 1	Pr <sub>75</sub> Fe <sub>25</sub>	0.5	11.6	30.3
6 2	Pr <sub>75</sub> Fe <sub>25</sub>	5.0	17.5	26.5
6 3	Ce <sub>77</sub> Fe <sub>23</sub>	1.0	13.5	34.7
6 4	Ce <sub>77</sub> Fe <sub>23</sub>	2.0	15.2	30.3
6 5	Nd <sub>65</sub> Pr <sub>20</sub> Si <sub>15</sub>	1.0	13.3	32.6
6 6	Nd <sub>65</sub> Pr <sub>20</sub> Si <sub>15</sub>	5.0	17.3	26.8

#### 【0037】

【実施例5】高周波誘導炉で、Nd<sub>13.0</sub>Pr<sub>0.6</sub>Fe<sub>77.6</sub>Co<sub>2.8</sub>B<sub>6.0</sub>の組成の合金を溶製し、片ロール(周速2.2m/sec)上で超急冷し、得られたリボンを粉碎してフルイ分け、粒径3.00μm以下の粉末を集めた。

【0038】一方、ホウ珪酸ガラス粉末3種類A, B, Cを用意した。ガラスA, B, Cの800°Cにおける粘度はそれぞれ53, 482, 970ポイズである。

【0039】磁石合金粉末とバインダーガラス粉末とを表5に示した種々の割合で混合し、室温でプレスして予備成形体としたのち、Arガス雰囲気下、800°C、圧

力1トン/cm<sup>2</sup>のホットプレスを行ない、続いて、同じArガス雰囲気下、同じ温度で前方押出しを行なって、外径1.9mm×内径1.5mm×長さ2.5mmの円筒状の熱間成形磁石を得た。

【0040】得られた各磁石について、磁気特性を測定して最大エネルギー積[BH]<sub>max</sub>を算出し、その後、圧環強度を測定した。結果を、表5にまとめて記す。

比較のため、ガラス粉末を添加しなかった場合のデータもあわせ示す。

#### 【0041】

表 5

No.	ガラス の種類	添加量 重量%	圧環強度	[BH] <sub>max</sub>
			kgf/mm <sup>2</sup>	MGOe
7 1	A	5.0	18.6	24.6
7 2	A	10.0	22.4	18.2
7 3	A	15.0	25.2	12.2
7 4	B	1.0	14.8	31.1
7 5	B	3.0	17.3	27.5
7 6	B	5.0	19.5	25.2
7 7	C	0.3	11.6	32.0
7 8	C	1.0	12.4	31.4
7 9	C	3.0	12.8	27.4
比較例	-	-	10.3	32.8

#### 【0042】

【発明の効果】本発明に従ってネオジム鉄-ボロン系焼結磁石の粉末に添加金属、添加合金またはガラス質材料の粉末を添加してホットプレスおよび熱間塑性加工を行なうと、得られた成形体は機械的強度が増し、機械加工に当たって角が欠けるチッピングがほとんどなくなり、良品歩留りが高まる。磁石も強度が高いから、高速で回転するモータの部品に使用したときにも、破壊する危険は小さい。添加金属、添加合金またはガラス質材料の

添加は若干の磁気性能の低下を招くが、ネオジム鉄-ボロン系焼結磁石はもともと性能の高いものであるから、実用上支障は生じない。必要な磁気性能と、実現したい機械的強度とのバランスにもとづいて、添加する金属、合金またはガラスの添加量を決定すればよい。それゆえ本発明の磁石は、従来の用途である各種FA、OA機器のモータ部品や将来の用途である電気自動車用モータ部品を含めて、広汎な用途に向けることができる。